

## QUINA ÉS LA DISTÀNCIA MÍNIMA DE SEGURETAT ENTRE DOS VEHICLES?

### Material per al professorat

### Orientacions didàctiques

---

#### Temporització

1/2 hora per la lectura prèvia i les prediccions

1/2 hora per a l'experimentació.

1 hora per l'anàlisi de les dades i càlculs.

### Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de 1r de batxillerat després d'estudiar el tema de cinemàtica.

### Orientacions metodològiques.

---

- Convé introduir-lo després d'estudiar el MRUA i quan l'alumnat tingui un bon coneixement de les gràfiques d'aquest moviment.
- La part corresponent a la predicció és molt important, convé que el grup d'alumnes arribi a un consens sobre la gràfica per tal que hi hagi interacció entre ells. Convé seguir amb cura aquest apartat i fer preguntes a l'alumnat de manera que es posi en qüestió la forma de les gràfiques.
- En quant a les respostes a aquest apartats:
  - Hi ha algun grup que dibuixa una línia recta per la gràfica posició-temps, ara be el major error es troba en l'origen del sistema de referència que tot i que convé explicar on és troba i quin són els criteris de velocitats positives i negatives, molts grups d'alumnes fan la predicció com si l'origen del sistema estigués en la posició inicial del carret i no en el sensor.
  - Un altre dels errors en la predicció de la gràfica posició-temps és dibuixar la forma com si el mòbil accelerés. Encara que la gràfica estigui ben dibuixada convé posar en qüestió la seva curvatura i que el grup d'alumnes expliqui perquè és convexa o còncava i quina d'elles correspon a un mòbil que accelera i quina a un mòbil que frena.
- Un d'ells objectius de la pràctica és que l'alumnat s'adoni de la relació entre la distància de frenat i la velocitat inicial,  $\Delta x = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{a}$ . En un principi l'alumnat pensa que la relació entre la distància de frenat i la velocitat inicial és una relació lineal. Convé al final de l'experiència recollir les dades d'algun grup d'alumnes on coincideixi que una de les velocitats sigui aproximadament doble que una altra per observar que les distàncies de frenat no són dobles sinó que s'apropen en un grau molt alt a quatre vegades més gran. A partir d'aquí i de la fórmula és pot fer una petita discussió sobre el significat d'aquesta relació quadràtica. Per exemple quina serà la distància de frenat quan la velocitat sigui triple i quan sigui quatre vegades més gran que una determinada,...

- La part més complicada per l'alumnat és la corresponent a l'ajustament de les funcions matemàtiques a les gràfiques resultants i la relació d'aquesta funció amb l'expressió corresponent a la posició del MRUA.
- Convé que les gràfiques corresponent a les dades del moviment real no estiguin unides per línies, sinó que siguin un conjunt de punts resultants d'una mesura, posteriorment a aquest conjunt de punts se li ajusta la funció matemàtica més adient.
- Els objectius que es pretenen assolir es troben explicitats en els guió de pràctiques de l'alumne i es tornen a repetir en el següent apartat.
- Els càlculs d'acceleració i velocitat inicial, es fan a partir de l'ajustament d'una funció polinòmica de grau dos amb la gràfica posició-temps, que condueix a menys errors que l'ajustament d'una funció lineal a partir de la gràfica velocitat-temps. Fins i tot l'equació  $v(t)$ , és pot obtenir a partir de l'anterior.
- La gràfica velocitat-temps, s'obté per tal que l'alumnat vegi la forma lineal, però no es fan càlculs a partir d'ella.

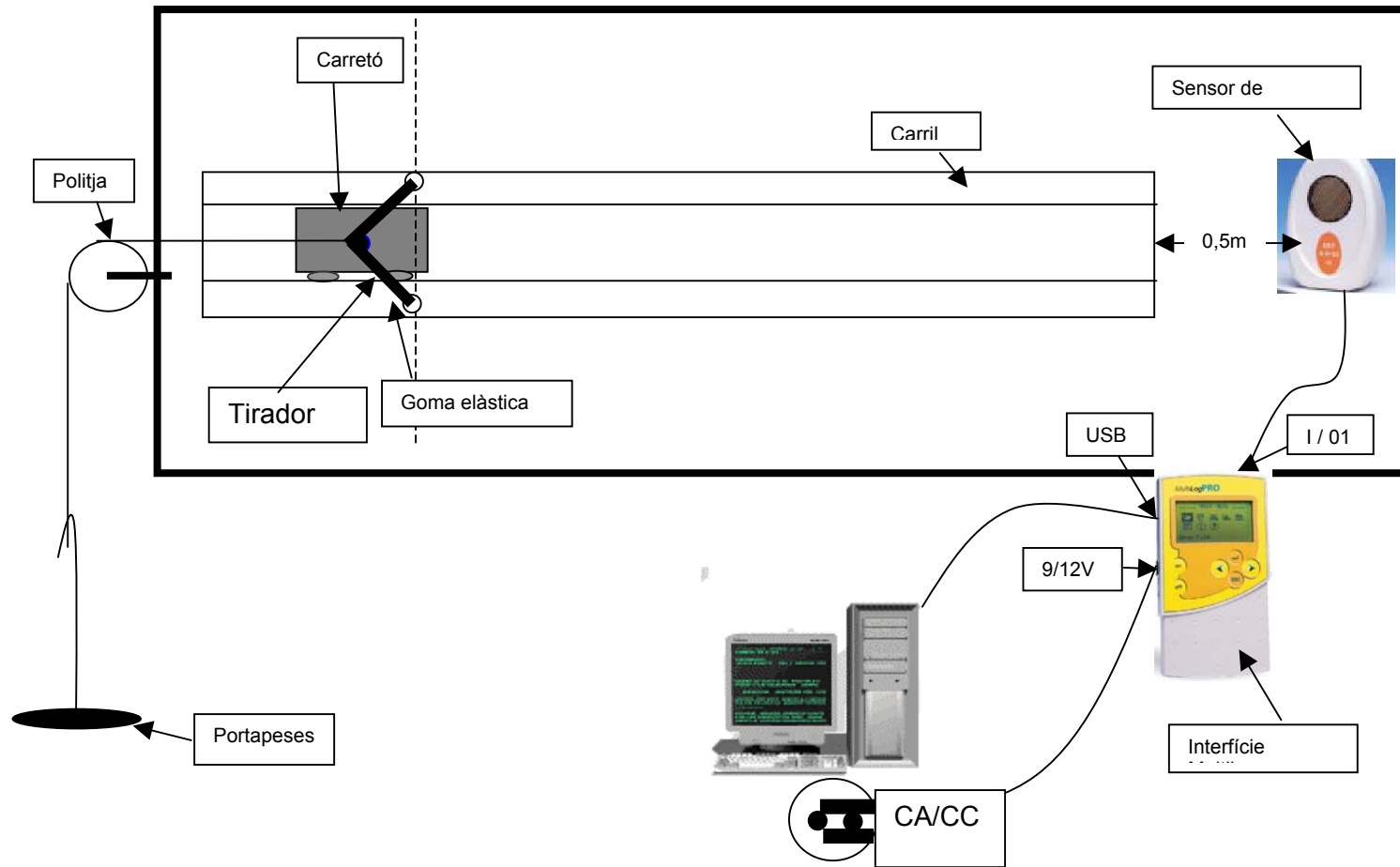


### **Objectius que es pretén que assolixi l'alumne**

---

- Que utilitzi els conceptes apresos sobre MRUA per fer prediccions de gràfiques posició-temps corresponent al moviment de frenada d'un cotxe.
- Que sigui capaç de seleccionar el tros de gràfica que interessa per fer l'estudi del moviment.
- Que relacioni el tipus de moviment MRU o MRUA d'un objecte (carret) amb les seves representacions gràfiques posició-temps i velocitat-temps.
- Que relacioni qualitativament força (de frenada) amb acceleració
- Que faci càlculs amb les taules i les gràfiques de velocitat inicial, acceleració i desplaçament. Trobar les equacions del moviment a partir de la gràfica posició-temps.
- Que extregui conseqüències relatives a la necessitat de portar una distància entre vehicles en funció de la velocitat del cotxe i de l'estat de la carretera.

## Muntatge





## Orientacions tècniques

- Per tal que el carret sigui ben detectat pel sensor, convé col·locar en el seu extrem un tarja vertical feta amb un material rígid, com per exemple fullola.
- S'ha utilitzat un carret de la casa Pywe i un carril de la mateixa casa, encara que serveix qualsevol altre. El carret portava un accessori col·locat en un forat que hi ha en el seu centre que consisteix en una mena d'agulla que encaixa en el forat. Aquesta agulla permet col·locar dues peses de 200 grams cadascuna a sobre del carret.
- Per fer el llançador, s'han fet dos forats en el carril en el seu extrem després s'han col·locat dos cargols a aquests dos cargols se li ha enganxat una goma elàstica.

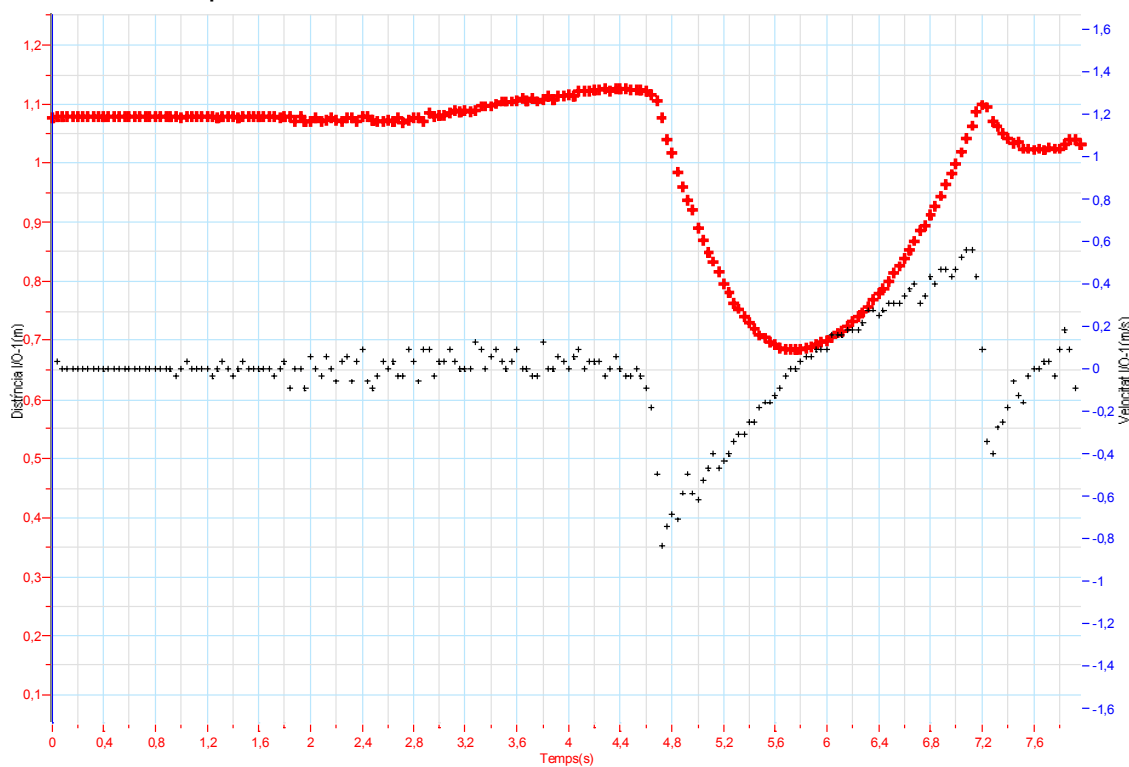


- El moviment que interessa estudiar és el de frenada del carret, això correspon al moviment del carret que va: des de que deixa d'estar en contacte amb la goma elàstica fins que es para, a més la força de frenat que correspon a la tensió de la corda deguda al portapeses, ha d'actuar sobre el carret en el moment que aquest deixi d'estar en contacte amb la goma elàstica. Per poder seleccionar la corba que correspon al moviment de frenada és molt important tenir en compte les dues recomanacions següents:
  1. Quan es fa el llançament del carret a través del carril, és molt important que no s'estiri cap a enrera el carret amb la goma elàstica, fins que no es vegi apareixer la gràfica en la pantalla de l'ordinador,. D'aquesta manera apareixerà una línia recta en el diagrama que correspondrà a la posició del carret quan la goma no està estirada. Posteriorment amb l'apartat corresponent a resultats esperats, s'explicarà amb més detall aquest fet.
  2. Cal també que el portapeses just toqui el terra, quan el carret està en el carril sense estirar la goma elàstica. D'aquesta manera en el moment que es fa el llançament, quan el carret deixa d'estar en contacte amb la goma elàstica comença a actuar la tensió de la corda que fa de fre.

## Conclusions

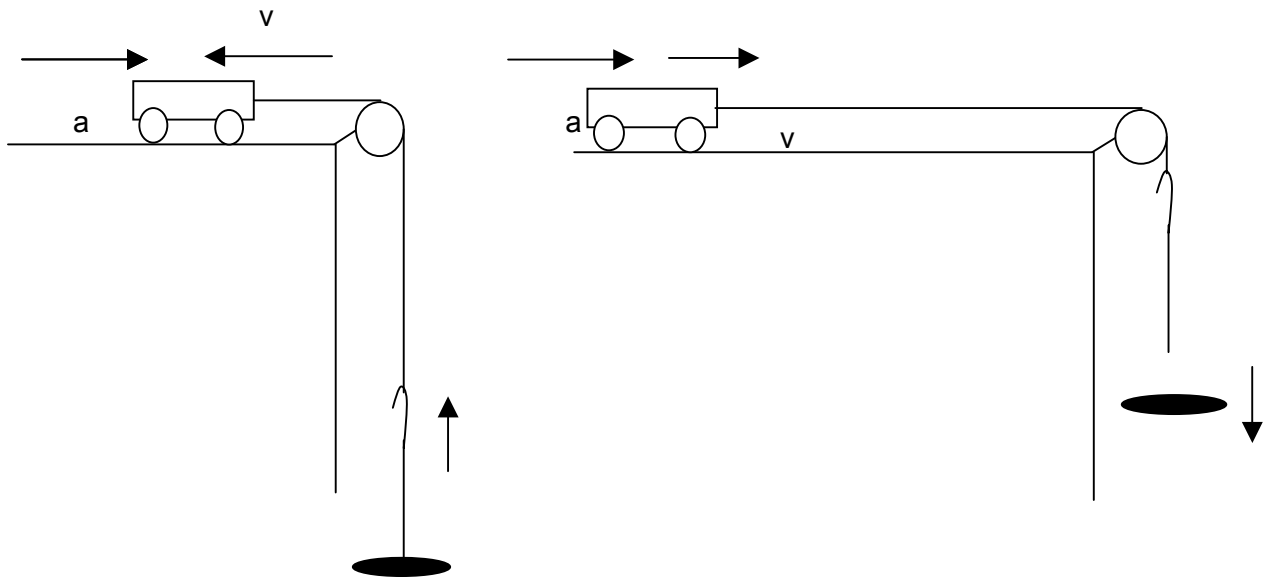
### Resultats esperats

- Les gràfiques posició-temps i velocitat-temps que han de sortir, han de ser similar a aquestes.



- Convé que les velocitats inicials dels tres llançaments siguin sensiblement diferents, una  $v_0$  baixa, una intermitja i una alta. D'aquesta manera aconseguirem en algun grup tenir una velocitat doble d'una altra.
- Les gràfiques posició-temps no són simètriques en l'anada i la tornada, i la pendent en la gràfica velocitat-temps és major en l'anada (frenada) i en la tornada (accelerada). Encara que no és matèria d'aquesta pràctica, potser es volgui introduir com ampliació la interpretació d'aquest fet o potser algun alumne es preguntí el perquè.

Per donar una bona explicació d'aquest fet, caldria recórrer a la dinàmica de rotació. Ara bé una explicació aproximada és pot fer a partir del fet que el fregament té diferent sentit en l'anada i en la tornada. Això dona acceleracions diferents en el moviment de frenada i en el d'acceleració.



En el cas del moviment de l'esquerra que correspon al moviment de frenada tenint :

Pel carret:  $T_1 + F_f = M \cdot a_1$ ; pel portapeses:  $mg - T_1 = m \cdot a_1$ ; Eliminant T entre les dues:

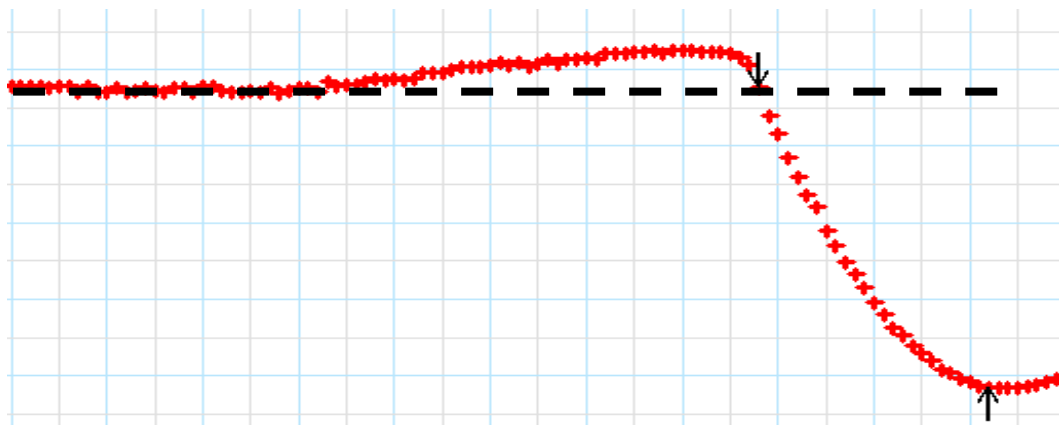
$$mg + F_f = (M + m)a; \text{ per tant : } a = \frac{mg + F_f}{M + m}$$

En el moviment de la dreta que correspon al retrocès del carret i va accelerant l'acceleració és calcularà:

$$a = \frac{mg - F_f}{M + m}$$

D'aquí ja és pot explicar la diferència entre les dues parts de la gràfica.

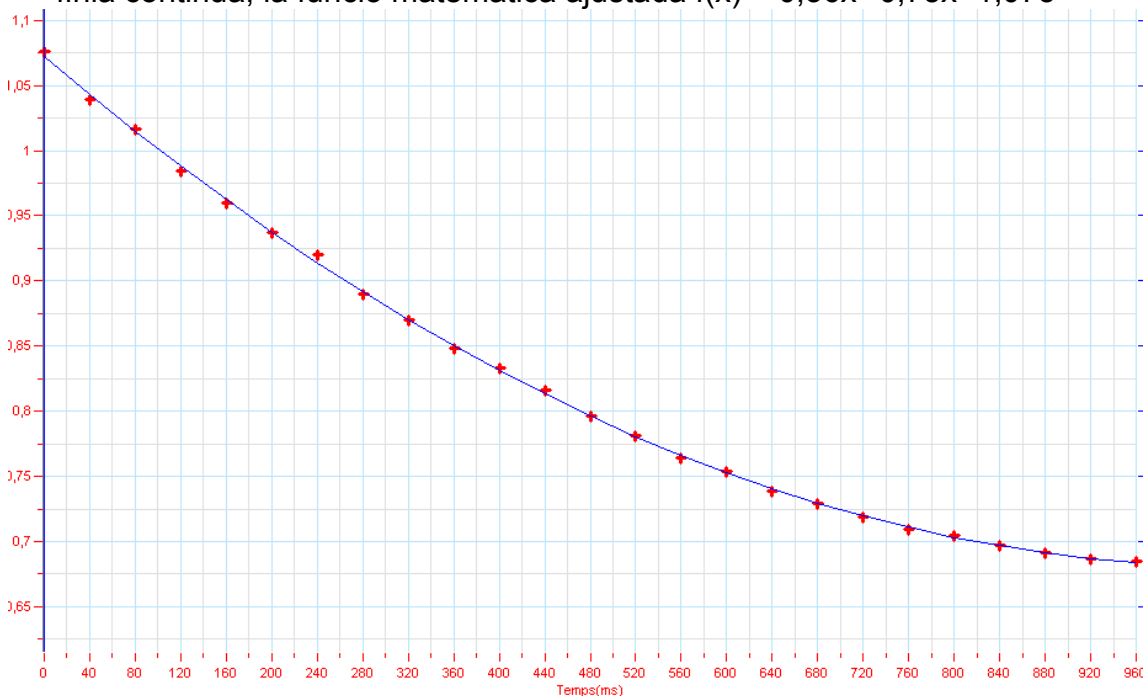
- La part de gràfica que cal retallar per tal d'ajustar la funció polinòmica de grau dos és la que marquen les fletxes en el següent gràfic.



La primera fletxa cal situar-la en el punt de tall de la perllongació de la recta horitzontal, tal i com es veu en el dibuix. En aquest punt és quan el carret deixa

d'estar en contacte amb la goma elàstica. L'alumnat té tendència a col·locar la primera fletxa en el punt més alt de la gràfica i per tant considera un tros de gràfica que correspon al moviment d'acceleració del carret i que no és uniforme, sinó que correspon a una força que ve donada per la llei de Hooke. El fet de començar a estirar el carret després d'observar l'aparició de la gràfica en pantalla es necessari per tenir el nivell de referència que ens dona la línia discontinua.

- La distància i el temps de frenat s'obtenen col·locant les dues fletxes en les posicions que s'observen en la gràfica anterior, o també en les posicions extremes quan és fa el retall de la gràfica.
- A partir de l'ajustament de la gràfica polinomial d'ordre dos es poden obtenir tota la resta de dades que demana la taula. L'equació de velocitat es pot obtenir a partir de la de posició. Per comparació amb les equacions generals del moviment s'obtenen els valors d'acceleració i de velocitat inicial. En el gràfic es pot observar en punts les dades experimentals, en línia continua, la funció matemàtica ajustada  $f(x) = 0,36x^2 - 0,75x + 1,073$



$$f(x) = +0,36x^2 - 0,75x + 1,073, R^2 = 1,00$$

que traduïda a les variables  $x$  i  $t$  que corresponen a ordenades i abscisses respectivament, seria:  $x = 0,36t^2 - 0,75t + 1,073$ , per tant l'acceleració serà  $0,72 \text{ m/s}^2$ , la  $v_0 = -0,75 \text{ m/s}$  i  $x_0 = 1,073 \text{ m}$ .

- Les acceleracions en els tres llançaments donen molt similars però no iguals, potser degut a que l'orientació en el llançament del carret sigui diferent en cada tirada i produeixi fregaments diferents. On més es veu la diferència és quan la velocitat inicial és petita.
- Després de calcular totes les dades que dona la taula, es comprova si

aquestes dades s'ajusten a l'equació  $\Delta x = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{a}$ , cal substituir els valors de  $v_0$  i

$a$  de cada fila de la taula. Els valors de  $\Delta x$  obtinguts a partir de substituir els valors de  $v_0$  i  $a$  en l'equació i els obtinguts experimentalment en cap cas donen un error relatiu per cent més gran del 5%, en la majoria dels casos és proper al 2%.